

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of :  
Kazunori NUMATA et al. :  
Serial No. NEW : Attn: APPLICATION BRANCH  
Filed November 20, 2001 : Attorney Docket No. 2001\_1727A  
OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM



CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Assistant Commissioner for Patents,  
Washington, DC 20231

Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2000-365439, filed November 30, 2000, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Kazunori NUMATA et al.

By Charles R. Watts  
Charles R. Watts  
Registration No. 33,142  
Attorney for Applicants

CRW/asd  
Washington, D.C. 20006-1021  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
November 20, 2001

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

11000 U.S. PRO  
09/988706  
11/26/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-365439

出 願 人

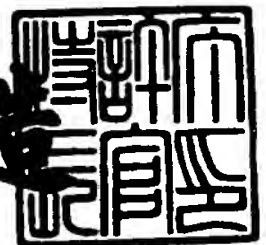
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年 8月31日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 2022520442

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/42  
B02B 6/32

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 沼田 和憲

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 古澤 佐登志

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 森倉 晋

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100098291

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 小笠原 史朗

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 035367

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

特 2 0 0 0 - 3 6 5 4 3 9

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9405386

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信ユニットから受信ユニットへと、マルチモードファイバを通じて光信号を伝送する光伝送システムであって、

前記送信ユニットは、

光信号を生成する発光素子と、

前記発光素子で生成された光信号を集束し、所定の位置で焦点を結ばせる少なくとも 1 つのレンズとを含み、

前記レンズにより集束された光信号は、前記マルチモードファイバの入射端面に入射合され、当該マルチモードファイバは、入射された光信号を伝搬し、

前記受信ユニットは、前記マルチモードファイバにより伝搬された光信号を受光する受光素子を含み、

前記マルチモードファイバの入射端面は前記焦点以外の位置に配置される、光伝送システム。

【請求項 2】 前記マルチモードファイバの入射端面は、前記レンズを基準として、前記焦点の位置よりも離して配置される、請求項 1 に記載の光伝送システム。

【請求項 3】 光信号を生成して、マルチモードファイバに入射する送信ユニットであって、

光信号を生成する発光素子と、

前記発光素子により生成された光信号を集束して、前記マルチモードファイバの入射端面に入射する少なくとも 1 つのレンズとを備え、

前記レンズは、前記入射端面が当該レンズの頂点を基準として当該レンズの焦点の位置以外に位置するように配置される、送信ユニット。

【請求項 4】 前記マルチモードファイバが接続され、当該マルチモードファイバの入射端面を、前記レンズの頂点を基準として当該レンズの焦点の位置以外に配置するレセプタクルをさらに備える、請求項 3 に記載の送信ユニット。

【請求項 5】 送信ユニットから受信ユニットへと、マルチモードファイバ

を通じて光信号を伝送する光伝送システムであって、

前記送信ユニットは、

光信号を生成する発光素子と、

前記発光素子により生成された光信号を集束して、前記マルチモードファイバの入射端面に入射する少なくとも1つのレンズとを含み、

前記マルチモードファイバは、前記レンズにより入射された光信号を伝搬して、自身の出射端面から出射し、

前記受信ユニットは、前記マルチモードファイバの出射端面からの光信号を、自身の受光面で受光する受光素子を含み、

前記受光素子の受光面は、前記マルチモードファイバの出射端面から予め定められた距離だけ離して配置される、光伝送システム。

【請求項6】 前記受光素子は、Si PINフォトダイオードである、請求項5に記載の光伝送システム。

【請求項7】 マルチモードファイバにより伝搬された光信号を受信する受信ユニットであって、

前記マルチモードファイバの出射端面からの光信号を、自身の受光面で受光する受光素子と、

前記マルチモードファイバが接続され、当該マルチモードファイバの出射端面を、前記受光面から予め定められた距離だけ離して配置するレセプタクルとを備える、受信ユニット。

【請求項8】 送信ユニットから受信ユニットへと、マルチモードファイバを通じて光信号を伝送する光伝送システムであって、

前記送信ユニットは、

光信号を生成する発光素子と、

前記発光素子で生成された光信号を集束し、所定の位置で焦点を結ばせる少なくとも1つのレンズとを含み、

前記レンズにより集束された光信号は、前記マルチモードファイバの入射端面に入射され、当該マルチモードファイバは、入射された光信号を伝搬し、

前記受信ユニットは、前記マルチモードファイバの出射端面からの光信号を、

自身の受光面で受光する受光素子を含み、

前記マルチモードファイバの入射端面は前記焦点以外の位置に配置され、さらに、

前記受光素子の受光面は、前記マルチモードファイバの出射端面から予め定められた距離だけ離して配置される、光伝送システム。

【請求項 9】 前記マルチモードファイバの入射端面は、前記レンズを基準として、前記焦点の位置よりも離して配置される、請求項 8 に記載の光伝送システム。

【請求項 10】 前記受光素子は、Si PIN フォトダイオードである、請求項 8 に記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送システムに関し、より特定的には、マルチモードファイバを通じて、送信ユニットから受信ユニットへと光信号を伝送するシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の技術進展により、光ファイバは、広帯域・低損失を満足できるものとなってきたため、インターネットに代表されるネットワークにおいて、交換局間を結ぶ基幹系への導入が進みつつある。今後は、交換局から各家庭を結ぶアクセス系、さらには、ホームネットワークへの適用が、光ファイバには期待されている。

【0003】

光ファイバは、その特性に基づいて 2 種類に大別される。1 つはシングルモードファイバ（以下、SMF (Single Mode Fiber) と称する）である。SMF において、コアおよびクラッド双方の材質はシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) である。SMF は、そのコア径が  $10\ \mu\text{m}$  程度と極めて小さい。さらに、SMF は特定のモードのみを伝搬するため、広い伝送帯域を有するという特徴がある。

それゆえ、SMFは、主として、基幹系における長距離伝送・大容量伝送用に開発が進められ、広く普及してきた。

## 【 0 0 0 4 】

もう1つはマルチモードファイバ（以下、MMF（Multi Mode Fiber）と称する）である。MMFのコア径は、SMFのそれに比べて、 $50\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ と大きい。MMFは、コアまたはクラッドの材質に基づいて、幾種類かに分けられる。コアおよびクラッド双方の材質がシリカであるものは、GOF（Glass Optical Fiber）と呼ばれる。また、コアの材質のみがシリカで、クラッドの材質がポリマーであるものは、PCF（Polymer Clad Fiber）と呼ばれる。さらに、コアおよびクラッドすべての材質がプラスチックであるものは、POF（Plastic Optical Fiber）と呼ばれる。

## 【 0 0 0 5 】

以上のMMFでは、光の道筋である伝搬モードが複数存在する。ここで、図7は、複数の伝搬モードの相違を説明する図である。図7には、コア71およびクラッド72とから構成されるMMF73が示されている。一般的に、光の各モードM1およびM2は、コア71内を、当該コア71およびクラッド72の界面で反射を繰り返しながら進んでいく。したがって、MMF73のファイバ軸と平行な界面に対して、光が平行に近いほど、1回の反射から次の反射までに、ファイバ軸上で到達できる距離が長くなる。このようなモードM1（一点鎖線参照）を低次モードと称する。それに対し、高次モードの一例であるモードM2（二点鎖線参照）は、ファイバ軸に対して大きな角度を有しているので、同じ長さのMMF73で考えた場合、低次モードに比べて界面での反射回数が多く、当該低次モードとの光路差が生じる。かかる光路差によって、各モード毎でMMF73の入射端面から出射端面に到達する時間に差異が生じる。

## 【 0 0 0 6 】

以上のように、各モードは固有の伝搬速度を持つので、伝搬時間の短い低次モードに含まれるパルス列（信号はパルス列として伝送される）と、それが長い高次モードに含まれるパルス列とは、同じ情報を表すにも関わらず、当該情報の受



信端には時間的なずれをもって到達してしまい、その結果、当該受信端は、正確に信号を受信できなくなる場合がある。このような現象はモード分散として知られており、SMFの伝送帯域に比べて、MMFのそれを大きく制限する要因となっている。

## 【0007】

ところで、光ファイバの伝送帯域は、通常、光信号の伝送速度と伝送距離との積（例えば、 $\text{Mbps} \times \text{km}$ ）で表され、伝送速度が高いほど、伝送距離は短くなり、また、伝送距離を長くするためには、伝送速度を遅くしなければならない。モード分散の影響も、伝送速度が高いほど、または伝送距離が長いほど大きくなる。以上のことから、従来より、MMFを使った光伝送システムでは、所望の伝送速度を得るためには、伝送距離を短くしなければならないという問題点があった。

## 【0008】

しかしながら、MMFはSMFに比べて安価であるため、単純に比較すると、当該MMFを使った光伝送システムは、SMFを使ったものと比べて、安価で構築できる。さらには、MMFのコア径はSMFのそれよりも大きいいため、MMF同士の軸合わせが容易となり、MMF同士を接続するコネクタの実装精度が緩和される。以上のことから、MMFは、低コストの光伝送システムの構築に大きく貢献できる。そのため、モード分散の影響がそれほど問題にならない距離での光伝送にはMMFが好んで使用される。

## 【0009】

このような利点を生かすために、モード分散の影響を受けにくくして、MMFを使った光伝送システムの伝送帯域を向上させる技術が多数提案されている。以下には、その一例として、特開平10-227935号公報に開示された技術を、図8を参照して説明する。図8(a)において、光伝送システムSconは、レンズ81を有する発光源82と、MMF83と、モード分離器84と、受信部85とを備えている。ここで、レンズ81とMMF83とは、図8(b)に示すような位置関係を有する。今、レンズ81の光軸をAlenz（一点鎖線参照）とし、当該レンズ81の焦点位置をZfpとする。この場合、MMF83のファイバ軸A

fiber（二点鎖線参照）と光軸 A lenz とが一直線になるように、かつ入射端面（MMF 8 3 の一方端面）F in と当該ファイバ軸 A fiber との交点が焦点位置 Z fp に一致するように、MMF 8 3 は固定される。

#### 【0 0 1 0】

上記構成の光伝送システム S con において、レンズ 8 1 からの光信号は、MMF 8 3 の入射端面 F in 上で焦点を結ぶので、電力損失が少なく効率的に MMF 8 3 へと入射される。その後、光信号は、当該 MMF 8 3 のコアを伝搬するに従って、モード分散の影響を強く受け、その結果、互いに伝搬遅延量が異なる複数のモードが MMF 8 3 の出射端面（MMF 8 3 の他方端面）F out から出力される。MMF 8 3 からの出力光信号は、モード分離器 8 4 に結合され、当該モード分離器 8 4 によって必要なモードのみが選択される。その後、受信部 8 5 は、モード選択された光信号を受信する。

#### 【0 0 1 1】

##### 【発明が解決しようとする課題】

以上のように、図 8 の光伝送システム S con では、光信号が MMF 8 3 でモード分散の影響を受けたとしても、モード分離器 8 4 で必要なモードのみを選択する。これによって、受信部 8 5 は、モード分散の影響が取り除かれた光信号を受信できるので、MMF 8 3 の伝送帯域を向上させることができる。

#### 【0.0 1 2】

しかしながら、モード分離器 8 4 は、主として、複数のレンズおよびミラーの光学系で構成されているため、光軸合わせの精度が厳しい。そのため、光伝送システム S con は複雑な構成になってしまい、さらにはモード分離器 8 4 自体も高価であるため、様々なコストが大きく跳ね上がるという問題点があった。

さらには、モード分離器 8 4 におけるモード選択時の効率を上げることが難しいという問題もある。ここで、モード選択時の効率とは、モード分離器 8 4 への入力時における 1 つのモードのパワーに対する、そこからの出力時における同じモードのパワーの比である。上記モード選択時の効率が悪いと、受信部 8 5 において受信できるパワーが小さくなってしまい、発光源 8 2 からの光信号のパワーを上げたり、受信部 8 5 の受光感度をあげたり、モード分離器 8 4 の後段に光増

幅器を配置したりする必要も生じる。

【 0 0 1 3 】

それゆえに、本発明の目的は、モード分散の影響を低減しかつ低コストの、マルチモードファイバを使用した光伝送システムを提供することである。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

第1の発明は、送信ユニットから受信ユニットへと、マルチモードファイバを通じて光信号を伝送する光伝送システムであって、送信ユニットは、光信号を生成する発光素子と、発光素子で生成された光信号を集束し、所定の位置で焦点を結ばせる少なくとも1つのレンズとを含む。レンズにより集束された光信号は、マルチモードファイバの入射端面に入射され、当該マルチモードファイバは、入射された光信号を伝搬する。受信ユニットは、マルチモードファイバにより伝搬された光信号を受光する受光素子を含む。ここで、マルチモードファイバの入射端面は焦点以外の位置に配置される。

【 0 0 1 5 】

第1の発明によれば、マルチモードファイバの入射端面は焦点以外の位置に配置されるので、出射端面からの光信号におけるモード分散の影響は、実用上問題が無い程度に低減される。これによって、マルチモードファイバの伝送帯域を向上させることができる。さらに、従来のようにモード分離器を付加する必要がなくなるので、低コストの光伝送システムを実現することが可能となる。

【 0 0 1 6 】

第2の発明は、第1の発明に従属しており、マルチモードファイバの入射端面は、レンズを基準として、焦点の位置よりも離して配置される。

【 0 0 1 7 】

第3の発明は、光信号を生成して、マルチモードファイバに入射する送信ユニットであって、光信号を生成する発光素子と、発光素子により生成された光信号を集束して、マルチモードファイバの入射端面に入射する少なくとも1つのレンズとを備える。ここで、レンズは、入射端面がレンズの頂点を基準として当該レンズの焦点の位置以外に位置するように配置される。

## 【 0 0 1 8 】

第4の発明は、第3の発明に従属しており、送信ユニットは、マルチモードファイバが接続され、当該マルチモードファイバの入射端面を、レンズの頂点を基準として当該レンズの焦点の位置以外に配置するレセプタクルをさらに備える。

## 【 0 0 1 9 】

第5の発明は、送信ユニットから受信ユニットへと、マルチモードファイバを通じて光信号を伝送する光伝送システムであって、送信ユニットは、光信号を生成する発光素子と、発光素子により生成された光信号を集束して、マルチモードファイバの入射端面に入射する少なくとも1つのレンズとを含む。また、マルチモードファイバは、レンズにより入射された光信号を伝搬して、自身の出射端面から出射する。さらに、受信ユニットは、マルチモードファイバの出射端面からの光信号を、自身の受光面で受光する受光素子を含む。ここで、受光素子の受光面は、マルチモードファイバの出射端面から予め定められた距離だけ離して配置される。

## 【 0 0 2 0 】

マルチモードファイバの出射端面からは、各モード毎で互いに異なる出射角度が異なる光信号が出射される。ここで、高次モードの出射角度は、低次モードのそれよりも大きい。そこで、第5の発明によれば、その受光面を出射端面から、予め定められた距離だけ離すことにより、受光素子は、低次モードのみを選択的に受光することができる。つまり、受光素子はモード分散の影響を低減した光信号を受光することができ、これによって、マルチモードファイバの伝送帯域を向上させることができる。さらに、従来のようにモード分離器を付加する必要がなくなり、低コストの光伝送システムを実現することが可能となる。

## 【 0 0 2 1 】

第6の発明は、第5の発明に従属しており、受光素子は、Si PINフォトダイオードである。これにより、受光面の面積が大きな受信ユニットを安価に作成することができ、光信号のパワーの損失を小さくすることができる。

## 【 0 0 2 2 】

第7の発明は、マルチモードファイバにより伝搬された光信号を受信する受信

ユニットであって、マルチモードファイバの出射端面からの光信号を、自身の受光面で受光する受光素子と、マルチモードファイバが接続され、当該マルチモードファイバの出射端面を、受光面から予め定められた距離だけ離して配置するレセプタクルとを備える。

#### 【 0 0 2 3 】

第 8 の発明は、送信ユニットと受信ユニットを備えており、マルチモードファイバを通じて光信号を伝送する光伝送システムであって、送信ユニットは、光信号を生成する発光素子と、発光素子で生成された光信号を集束し、所定の位置で焦点を結ばせる少なくとも 1 つのレンズとを含む。また、レンズにより集束された光信号は、マルチモードファイバの入射端面に入射され、当該マルチモードファイバは、入射された光信号を伝搬する。さらに、受信ユニットは、マルチモードファイバの出射端面からの光信号を、自身の受光面で受光する受光素子を含む。ここで、マルチモードファイバの入射端面は焦点以外の位置に配置され、さらに、受光素子の受光面は、マルチモードファイバの出射端面から予め定められた距離だけ離して配置される。

#### 【 0 0 2 4 】

第 9 の発明は、第 8 の発明に従属しており、マルチモードファイバの入射端面は、レンズを基準として、焦点の位置よりも離して配置される。

第 1 0 の発明は、第 8 の発明に従属しており、受光素子は、Si PIN フォトダイオードである。

#### 【 0 0 2 5 】

##### 【発明の実施の形態】

本願出願人は、本発明の目的を達成するため、図 1 に示す測定系 Sana を使って、以下に説明する実験を行った。図 1 において、測定系 Sana は、発光素子 1 と、レンズ 2 と、マルチモードファイバ（以下、MMF と称す）3 とを備えている。

発光素子 1 は、30 mA の直流電流注入時、そのパワーが 1.8 mW の光を発する発光ダイオードまたは半導体レーザからなる。発光素子 1 は、入力電気信号 E Sin により駆動され、光信号 O Sin を生成して出射する。

レンズ 2 は、発光素子 1 と光軸合わせされており、当該発光素子 1 からの光信号  $O S_{in}$  を集束して、光軸上における所定の焦点位置  $Z_{fp}$  で焦点を結ばせる。ここで、以下の説明において、頂点  $Z_0$  は、レンズ 2 の光軸  $A_{lens}$  および表面  $F_{lens}$  の 2 交点の内、MMF 3 に近い方を意味する。

## 【 0 0 2 6 】

MMF 3 は、PCF (Polymer Clad Fiber) であって、そのファイバ軸  $A_{fiber}$  は光軸  $A_{lens}$  と光軸合わせされている。より詳細には、シリカ ( $SiO_2$ ) からなり、その径が  $200 \mu m$  であるコアを MMF 3 は有する。さらに、MMF 3 は、メタクリル樹脂 (PMMA) に代表されるポリマーからなっており、その径が  $230 \mu m$  であるクラッドを有する。以上の MMF 3 の入射端面  $F_{in}$  には、レンズ 2 により集められた光信号  $O S_{in}$  が入射される。MMF 3 は、入射された光信号  $O S_{in}$  を伝搬して、自身の出射端面  $F_{out}$  から、モード分散の影響を受けた光信号  $O S_{out}$  を出射する。

## 【 0 0 2 7 】

ここで、以下の説明において重要となるアイ開口率  $R$  およびパワー  $P_{fiber}$  の説明を行う。アイ開口率  $R$  は、図 2 に示す光信号  $O S_{out}$  のアイパターンにおける振幅の最小値  $V_{pp1}$  とその最大値  $V_{pp2}$  との比であり、 $V_{pp1} / V_{pp2}$  で表される。光信号  $O S_{out}$  のアイ開口率  $R$  を観測することで、測定系  $S_{ana}$  における伝送帯域を調べることができる。また、パワー  $P_{fiber}$  は、MMF 3 の出射端面  $F_{out}$  から出射される光信号  $O S_{out}$  のパワーを光パワーメータにより読みとることで、測定することができる。

## 【 0 0 2 8 】

本願出願人は、測定系  $S_{ana}$  において、入射端面  $F_{in}$  の位置に対する、アイ開口率  $R$  およびパワー  $P_{fiber}$  の特性を測定した。その結果、本願出願人は、図 3 のような測定結果を得た。図 3 において、横軸  $Z$  は、測定系  $S_{ana}$  の光軸（つまり、光軸  $A_{lens}$  およびファイバ軸  $A_{fiber}$ ）に等しく、頂点  $Z_0$  と入射端面  $F_{in}$  とを当接させた時を  $Z = 0$  として、当該頂点  $Z_0$  から当該入射端面  $F_{in}$  までの距離を表している。すなわち、図 3 は、MMF 3 をレンズ 2 から光軸 ( $Z$  軸) に沿って離していくときの、アイ開口率  $R$  およびパワー  $P_{fiber}$  を示している。

## 【 0 0 2 9 】

また、図 3 においては、MMF 3 の長さ  $L_{\text{fiber}}$  が 2 m の時のアイ開口率  $R_{2\text{m}}$  が●でプロットされ、長さ  $L_{\text{fiber}}$  が 1 0 0 m の時のアイ開口率  $R_{100\text{m}}$  が▲でプロットされている。さらに、長さ  $L_{\text{fiber}}$  が 2 m の時のパワー  $P_{\text{fiber}}$  が○でプロットされている。

## 【 0 0 3 0 】

パワー  $P_{\text{fiber}}$  の特性曲線は、 $Z = 1.0 \sim 1.5 \text{ mm}$  の間でピークを持つことから、この間に焦点位置  $Z_{\text{fp}}$  が存在すること、つまり、レンズ 2 からの光信号  $O_{\text{Sin}}$  が焦点を結ぶことが分かる。しかし、 $Z = 1.0 \sim 1.5 \text{ mm}$  辺りにおいてアイ開口率  $R_{100\text{m}}$  は著しく劣化しているので、長さ  $L_{\text{fiber}}$  が 1 0 0 m の MMF 3 の入射端面  $F_{\text{in}}$  を焦点位置  $Z_{\text{fp}}$  近傍に配置した時には、光信号  $O_{\text{Sin}}$  の伝送は困難であることが分かる。

## 【 0 0 3 1 】

一方、図 3 において、アイ開口率  $R_{2\text{m}}$  は、アイ開口率  $R_{100\text{m}}$  と異なり、入射端面  $F_{\text{in}}$  の位置に関わらず、ほぼ一定である。このようなアイ開口率  $R_{2\text{m}}$  と  $R_{100\text{m}}$  の相違は、入射端面  $F_{\text{in}}$  の位置によって、光信号  $O_{\text{Sin}}$  に与えるモード分散の影響が異なり、当該光信号  $O_{\text{Sin}}$  の伝送距離が長くなるとモード分散の影響が顕著に現れることを示している。図 8 の光伝送システム  $S_{\text{con}}$  では、焦点位置  $Z_{\text{fp}}$  に MMF 8 3 の入射端面  $F_{\text{in}}$  を配置していた。しかしながら、図 3 の実験結果からは、入射端面  $F_{\text{in}}$  の位置を焦点位置  $Z_{\text{fp}}$  に合わせた時、光信号  $O_{\text{Sout}}$  におけるモード分散の影響は、長さ  $L_{\text{fiber}}$  が長いほど大きくなるという傾向が明らかになり、長さ  $L_{\text{fiber}}$  が長いほど、MMF 3 の伝送帯域が制限されることが分かった。

## 【 0 0 3 2 】

MMF 3 の伝送帯域を向上させるには、入射端面  $F_{\text{in}}$  は、アイ開口率  $R$  の劣化が最小限に抑えることができる位置に配置されるべきである。図 3 の実験結果を見ると、 $Z > 2.0 \text{ mm}$  の範囲で、アイ開口率  $R_{2\text{m}}$  および  $R_{100\text{m}}$  が高いレベルで安定していることから、入射端面  $F_{\text{in}}$  の位置は、レンズ 2 の頂点  $Z_0$  から 2 mm 以上離すことが好ましいことが分かる。したがって、 $Z > 2.0 \text{ mm}$  の範囲であ

れば、長さ  $L_{\text{fiber}}$  に関わらず、光信号  $OS_{\text{out}}$  におけるモード分散の影響を低減でき、図 8 のモード分離器 8 4 がなくとも、MMF 3 の伝送帯域を向上させることができる。

## 【 0 0 3 3 】

また、図 3 の実験結果から、光信号  $OS_{\text{out}}$  におけるモード分散の影響は、長さ  $L_{\text{fiber}}$  が長くなるほど顕著になることが分かる。したがって、長さ  $L_{\text{fiber}}$  が短くなると、頂点  $Z_0$  から入射端面  $F_{\text{in}}$  までの最適な距離  $Z_{\text{opt1}}$  は短くなるはずである。さらに、長さ  $L_{\text{fiber}}$  を短くした時、例えば、図 3 中のアイ開口率  $R_{2\text{m}}$  の特性曲線に示すように、光信号  $OS_{\text{out}}$  には、モード分散の影響が実用上見られなくなる。以上のことから、最適距離  $Z_{\text{opt1}}$  は、MMF 3 の長さ  $L_{\text{fiber}}$  の関数であることが分かる。

## 【 0 0 3 4 】

上述したように、図 1 の測定系  $S_{\text{ana}}$  の条件では、入射端面  $F_{\text{in}}$  の位置  $Z$  はレンズ 2 から 2 mm 以上離すことが好ましい。しかし、図 3 から分かるように、入射端面  $F_{\text{in}}$  は、アイ開口率  $R_{2\text{m}}$  および  $R_{100\text{m}}$  の劣化は顕著ではないので、焦点位置  $Z_{\text{fp}}$  の近傍でなければよい。以上のように、頂点  $Z_0$  から焦点位置  $Z_{\text{fp}}$  の近傍までの値ではなく、長さ  $L_{\text{fiber}}$  の関数として表される最適距離  $Z_{\text{opt1}}$  に、入射端面  $F_{\text{in}}$  を配置することにより、MMF 3 の伝送帯域を向上させることが可能になるという結論が今回の実験から得られた。

## 【 0 0 3 5 】

## (第 1 の実施形態)

ここで、図 4 は、以上の結論を基にした光伝送システム  $S_1$  の構成を示すブロック図である。図 4 (a) において、光伝送システム  $S_1$  は、送信ユニット 4 1 と、マルチモードファイバ (以下、MMF と称す) 4 2 と、受信ユニット 4 3 とを備えている。送信ユニット 4 1 は、発光素子 4 1 1 と、少なくとも 1 つのレンズ 4 1 2 と、レセプタクル 4 1 3 とを含んでいる。発光素子 4 1 1 は、半導体レーザまたは発光ダイオードからなる。レンズ 4 1 2 は、発光素子 4 1 1 と光軸合わせされた状態で配置される。

## 【 0 0 3 6 】



以下の説明において、頂点 $Z_0$ は、図4（b）に示すように、レンズ412の光軸 $A_{lens}$ および表面 $F_{lens}$ の2交点の内、発光素子411から遠い方である。また、焦点位置 $Z_{fp}$ は、光軸 $A_{lens}$ 上において、レンズ412を通過した光信号 $O_{Sin}$ が焦点を結ぶ位置である。

## 【0037】

図4（a）および（b）において、MMF42は、グレーディッドインデックス（GI）型のガラスファイバ、ポリマークラッドファイバまたはプラスチック光ファイバであり、その一方端面、つまり入射端面 $F_{in}$ の近傍には、コネクタプラグ421が取り付けられている。コネクタプラグ421は、レセプタクル413に充填込み、これによって、MMF42のファイバ軸 $A_{fiber}$ と光軸 $A_{lens}$ とが光軸合わせされるとともに、入射端面 $F_{in}$ のレンズ412に対する位置を決める。より詳しくは、入射端面 $F_{in}$ が頂点 $Z_0$ から最適距離 $Z_{opt1}$ だけ離れて位置するように、レセプタクル413およびコネクタプラグ421は設計される。最適距離 $Z_{opt1}$ の値は、上述の実験結果から明らかなように、頂点 $Z_0$ から焦点位置 $Z_{fp}$ の近傍までの距離以外に選ばれ、より好ましくは、当該焦点位置 $Z_{fp}$ の近傍までの距離よりも長く選ばれる。さらに、最適距離 $Z_{opt1}$ は、MMF42の長さ $L_{fiber}$ の関数である。

## 【0038】

また、MMF42の他方端面、つまり出射端面 $F_{out}$ の周辺にはコネクタプラグ422が固定されている。

受信ユニット43は、図4（a）に示すように、レセプタクル431と受光素子432とを含んでいる。レセプタクル431には、MMF42のコネクタプラグ422が充填込み、これによって、受信ユニット43とMMF42とが接続される。受光素子432は、自身の受光面 $F_{rec}$ とMMF42の出射端面 $F_{out}$ とが対向するように配置される。なお、受光素子432は、受光面 $F_{rec}$ が相対的に大きなSi PINフォトダイオードからなることが好ましいが、他のフォトダイオードでもよい。

## 【0039】

以上の光伝送システムS1において、発光素子411は、入力電気信号 $E_{Sin}$

により駆動され、光信号  $O S_{in}$  を生成して出射する。レンズ 4 1 2 は、発光素子 4 1 1 からの光信号  $O S_{in}$  を集束させる。レンズ 4 1 2 を通過した光信号  $O S_{in}$  は、図 4 (b) に示すように、MMF 4 2 の入射端面  $F_{in}$  に入射される。MMF 4 2 は、入射された光信号  $O S_{in}$  を伝搬して、自身の出射端面  $F_{out}$  から光信号  $O S_{out}$  として出射する。ここで、光信号  $O S_{out}$  は、入射端面  $F_{in}$  が最適距離  $Z_{opt1}$  だけ離れているため、モード分散の影響を実用上問題のない程度にしか受けないので、従来のようなモード分離器 8 4 (図 8 参照) がなくても、MMF 4 2 の伝送帯域を向上させることができる。さらに、モード分離器 8 4 が必要なくなるので、光伝送システム S1 は、従来よりも低コストで構築することができる。

受光素子 4 3 2 は、以上のような光信号  $O S_{out}$  を受光面  $F_{rec}$  において受光し、電気信号  $E S_{out}$  に変換し出力する。

【 0 0 4 0 】

(第 2 の実施形態)

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態に係る光伝送システム S2 の構成を示すブロック図である。図 5 において、光伝送システム S2 は、下記の点を除いて、光伝送システム S1 と同じ構成を有する。そのため、光伝送システム S2 において、光伝送システム S1 の構成に相当するものには、同じ参照符号を付けて、それぞれの説明を省略する。

【 0 0 4 1 】

以下、光伝送システム S2 における、光伝送システム S1 との相違点について説明する。コネクタプラグ 4 2 1 は、図 5 (a) に示すように、レセプタクル 4 1 3 に填入込むことにより、入射端面  $F_{in}$  のレンズ 4 1 2 に対する位置を決める。この点では、光伝送システム S2 は光伝送システム S1 と同様である。ただし、好ましくは、図 5 (b) に示すように、入射端面  $F_{in}$  が焦点位置  $Z_{fp}$  に位置するように、レセプタクル 4 1 3 およびコネクタプラグ 4 2 1 は設計される。これによって、レンズ 4 1 2 からの光信号  $O S_{in}$  は、入射端面  $F_{in}$  上で焦点を結ぶので、電力損失が少なく効率的に MMF 4 2 へと入射される。しかしながら、光信号  $O S_{in}$  は、MMF 4 2 中を伝搬するうちに、徐々にモード分散の影響を受け、

その結果、MMF 4 2 の出射端面  $F_{out}$  には、光信号  $O S_{out}$  を構成する各モードが時間的にばらばらに到着する。

#### 【 0 0 4 2 】

ここで、受信ユニット 4 3 において、受光素子 4 3 2 の受光面  $F_{rec}$  が、出射端面  $F_{out}$  と同じ形状、または当該出射端面  $F_{out}$  を完全に収容するような形状を持つと仮定する。さらに、受光面  $F_{rec}$  を出射端面  $F_{out}$  に近接させた状態で、受光素子 4 3 2 を配置すると仮定する。これらの仮定下では、受光素子 4 3 2 は、モード分散の影響が顕著な光信号  $O S_{out}$  を実質的に全て受光してしまうため、受光素子 4 3 2 からの出力電気信号  $E S_{out}$  のアイは閉じてしまい、受信ユニット 4 3 は、光信号  $O S_{out}$  を正しく受信できなくなる。

#### 【 0 0 4 3 】

そこで、光伝送システム S2 では、図 5 (b) に示すように、受光面  $F_{rec}$  が出射端面  $F_{out}$  からファイバ軸  $A_{fiber}$  に沿って、最適距離  $Z_{opt2}$  だけ離れるように、レセプタクル 4 3 1 およびコネクタプラグ 4 2 2 が設計され、さらには受光素子 4 3 2 が配置される。光信号  $O S_{out}$  を構成する各モードは、図 6 に示すように、ファイバ軸  $A_{fiber}$  に対して互いに異なる出射角度  $\theta_{out}$  で、出射端面  $F_{out}$  から放射状に出射される。より具体的には、図 6 には、低次モード M1 および高次モード M2 とが示されているが、低次モード M1 の出射角度  $\theta_{out1}$  の方が、高次モード M2 の出射角度  $\theta_{out2}$  よりも小さい。

#### 【 0 0 4 4 】

以上のことから、受光面  $F_{rec}$  と出射端面  $F_{out}$  とを最適距離  $Z_{opt2}$  だけ離すことにより、当該受光面  $F_{rec}$  は、光信号  $O S_{out}$  の内、高次モード M2 を避けて、低次モード M1 のみを選択的に受光できるようになる。つまり、光伝送システム S2 において、受信ユニット 4 3 は、簡易なモード選択機能を有することとなる。以上から明らかなように、光伝送システム S2 によれば、従来のようなモード分離器 8 4 (図 8 参照) がなくても、MMF 4 2 の伝送帯域を向上させることができる。さらに、モード分離器 8 4 が必要なくなるので、光伝送システム S2 は、従来よりも低コストで構築することができる。

#### 【 0 0 4 5 】

ここで、上記最適距離  $Z_{opt2}$  は、MMF 4 2 の長さ  $L_{fiber}$  (つまり、伝送距離) や伝送速度の関数であり、当該伝送距離が長くなり、または当該伝送速度が高くなるほど、光信号  $O S_{out}$  におけるモード分散の影響が顕著になるので、大きく選ばれる必要がある。

## 【 0 0 4 6 】

## (第 3 の実施形態)

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る光伝送システム S3 について説明する。光伝送システム S3 は、光伝送システム S1 および S2 の特徴を組み合わせた構成を有する。そのため、以下の光伝送システム S3 の説明では、図 4 および図 5 を参照して、光伝送システム S3 のポイントのみを説明する。また、以下の説明において、光伝送システム S1 (または S2) の構成に相当するものには、同じ参照符号を付ける。

## 【 0 0 4 7 】

光伝送システム S3 において、レセプタクル 4 1 3 およびコネクタプラグ 4 2 1 は、図 4 を参照して説明したように、MMF 入射端面  $F_{in}$  が頂点  $Z_0$  から最適距離  $Z_{opt1}$  (図 4 (b) 参照) だけ離れて位置するように、レセプタクル 4 1 3 およびコネクタプラグ 4 2 1 は設計される。さらに、光伝送システム S3 においては、コネクタプラグ 4 2 2 およびレセプタクル 4 3 1 は、受光素子 4 3 2 の受光面  $F_{rec}$  と、MMF 4 2 の出射端面  $F_{out}$  とが最適距離  $Z_{opt2}$  (図 5 (b) 参照) だけ離れるように設計される。

## 【 0 0 4 8 】

以上のような構成の光伝送システム S3 では、光信号  $O S_{out}$  は、入射端面  $F_{in}$  が最適距離  $Z_{opt1}$  だけ離れているため、モード分散の影響を実用上問題のない程度にしか受けない。また、たとえ、光信号  $O S_{out}$  にモード分散の影響が現れたとしても、受光素子 4 3 2 の受光面  $F_{rec}$  は、光信号  $O S_{out}$  の内、低次モード M1 のみを選択的に受光できる。したがって、光伝送システム S3 は、光伝送システム S1 および S2 よりも、MMF 4 2 の伝送帯域をさらに向上させることができる。さらに、モード分離器 8 4 (図 8 参照) が不要になり、光伝送システム S3 は、従来よりも低コストで構築することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

測定系 S<sub>ana</sub> の構成を示すブロック図である。

【図 2】

光信号 O S<sub>out</sub> のアイ開口率 R を説明するための図である。

【図 3】

測定系 S<sub>ana</sub> で行った実験の結果を示す図である。

【図 4】

光伝送システム S<sub>1</sub> の構成を示す図である。

【図 5】

光伝送システム S<sub>2</sub> の構成を示す図である。

【図 6】

光信号 O S<sub>out</sub> を構成する各モードの出射角度  $\theta_{out}$  を示す図である。

【図 7】

マルチモードファイバにおける伝搬モードを説明するための図である。

【図 8】

従来の光伝送システム S<sub>con</sub> の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

4 1 … 送信ユニット

4 1 1 … 発光素子

4 1 2 … レンズ

4 1 3 … レセプタクル

4 2 … マルチモードファイバ

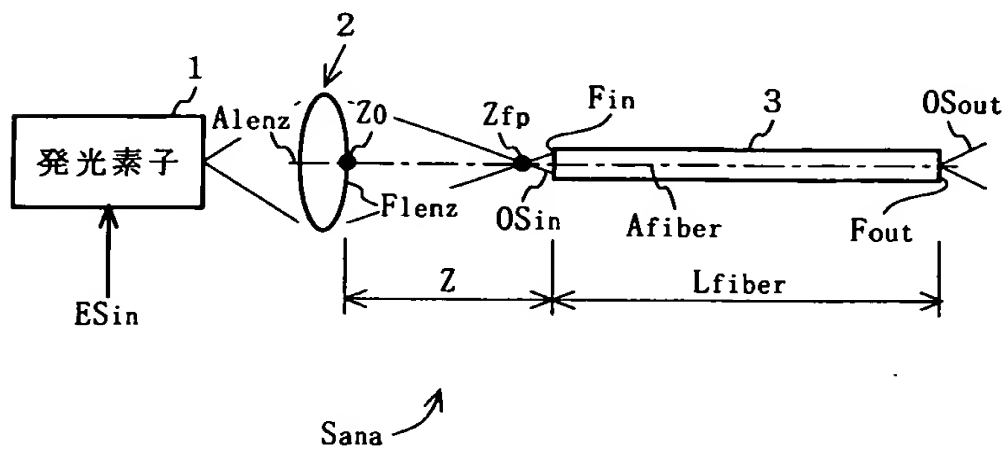
4 3 … 受信ユニット

4 3 1 … レセプタクル

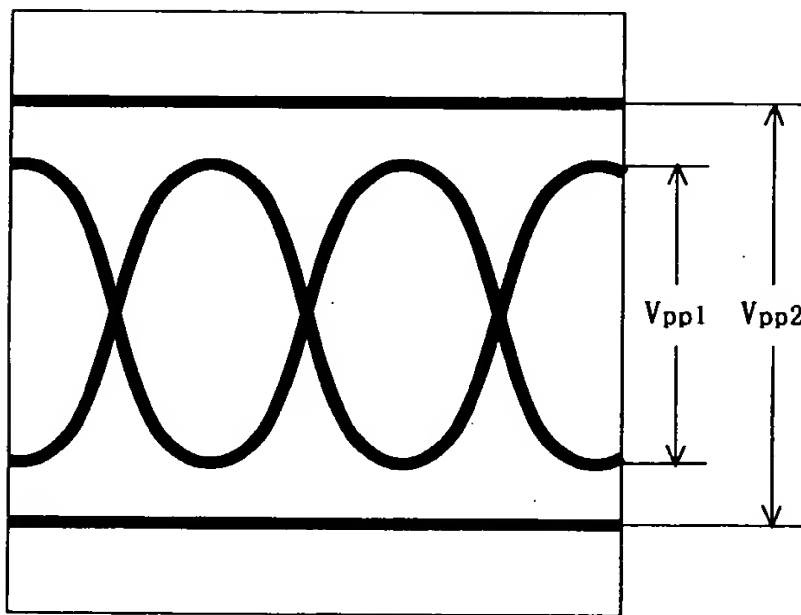
4 3 2 … 受光素子

【書類名】 図面

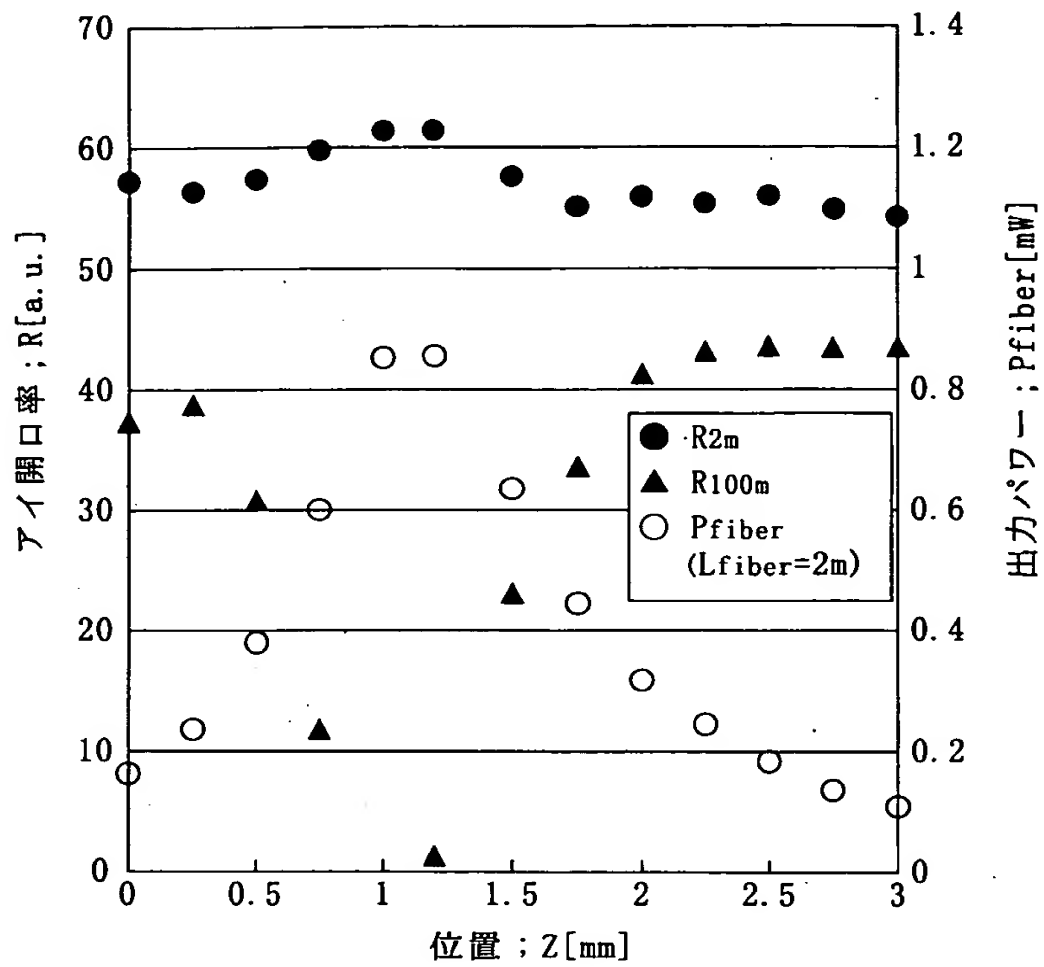
【図 1】



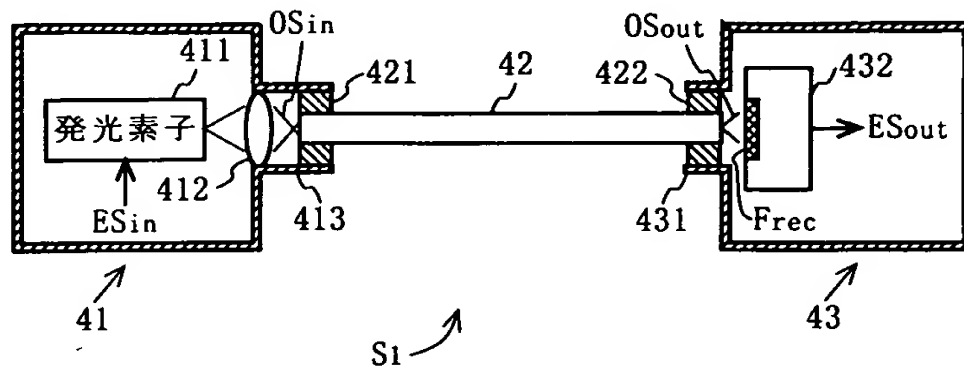
【図 2】



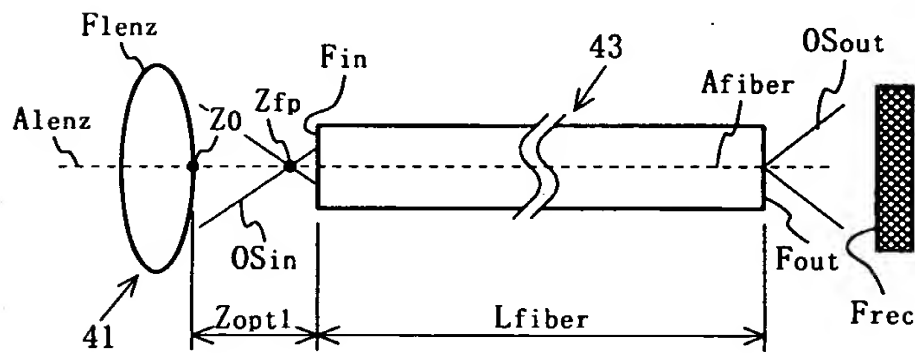
【図3】



【図 4】



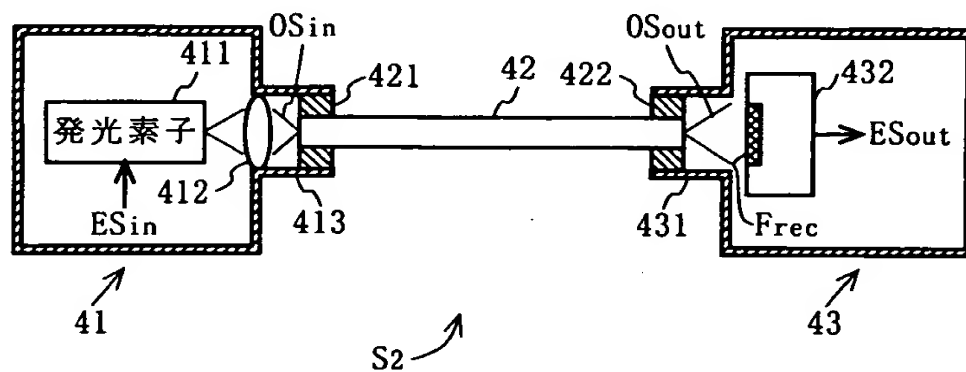
(a) 光伝送システムS1の全体構成



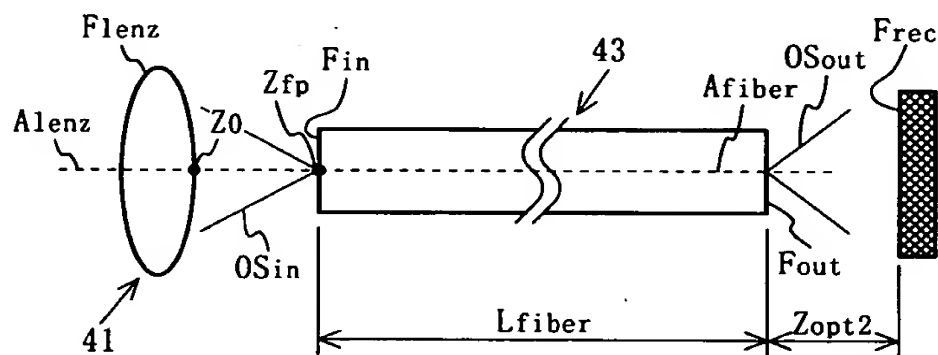
(b) レンズ41とMMF43との位置関係



【図 5】

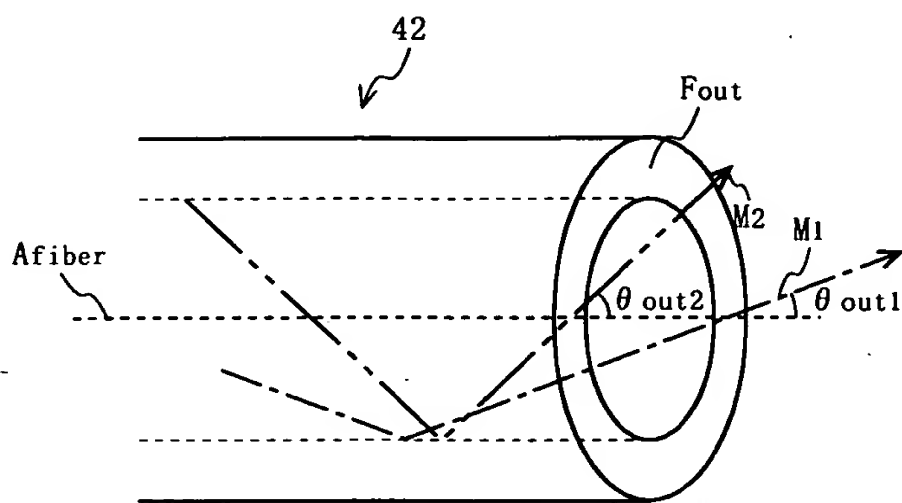


(a) 光伝送システムS2の全体構成

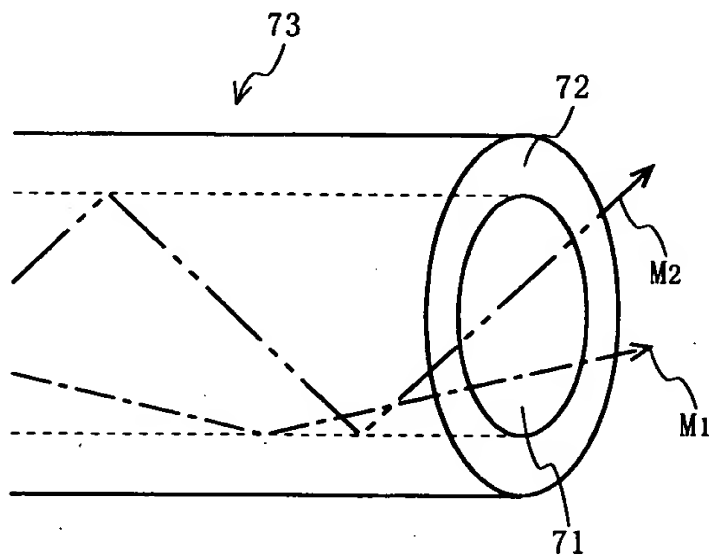


(b) 受光素子432とMMF 43との位置関係

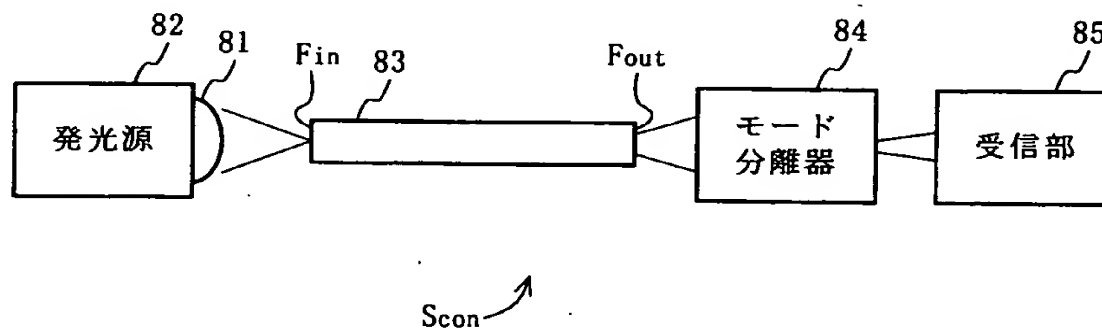
【図 6】



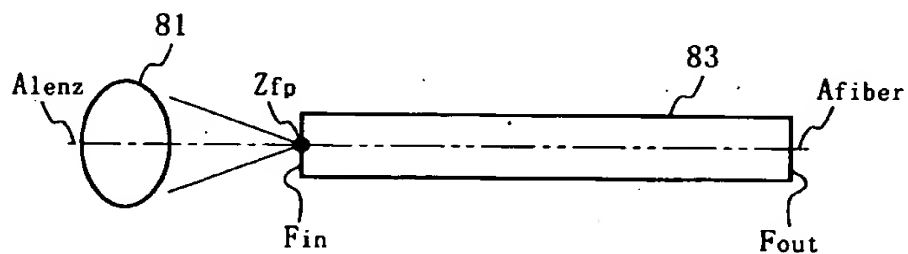
【図 7】



【図 8】



(a) 光伝送システムSconの全体構成



(b) レンズ81とMMF83との配置関係

【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    モード分散の影響を低減しつつ、低コストな光伝送システム S1 を提供することである。

【解決手段】    光伝送システム S1 において、レンズ 4 1 2 は、発光素子 5 1 1 により生成された光信号 O S in を集束して、マルチモードファイバ (MMF) 4 2 に入射する。ここで、レンズ 4 1 2 の頂点 Z 0 と、MMF 4 2 の入射端面 F in とは、最適距離 L opt1 だけ離される。最適距離 L opt1 は、頂点 Z 0 からレンズ 4 1 2 の焦点位置 Z fp の近傍までの距離以外の値に選ばれる。

【選択図】            図 4

特 2 0 0 0 - 3 6 5 4 3 9

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 3 6 5 4 3 9
受付番号	5 0 0 0 1 5 4 6 9 8 9
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 2 年 1 2 月 1 日

### <認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年11月30日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社